

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-044109

(43)Date of publication of application : 14.02.2003

(51)Int.Cl.

G05B 19/18
G05B 19/4093

(21)Application number : 2001-
227932

(71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC CORP

(22)Date of filing :

27.07.2001

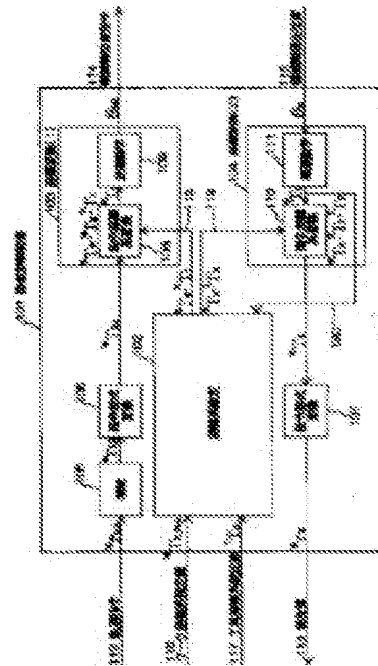
(72)Inventor : SEKIYAMA TOMOYUKI

(54) NUMERICAL CONTROLLER FOR MULTIAXIAL MACHINE TOOL WITH WORK COORDINATE SYSTEM SETTING MEANS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To set a work coordinate system for a multiaxial simultaneous control type machine tool which has a rotation axis and changes a tool attitude by specifying the position and attitude of a tool on the desired work coordinate system to be set with values of parallel movement and rotation of a cartesian coordinate system.

SOLUTION: A numerical controller for a multiaxial machine tool which receives a move command for the position and attitude of the tool represented by the work coordinate system has a work coordinate system means which when setting the work coordinate system for a reference coordinate system fixed on the table of the multiaxial machine tool, moves respective machine axes to machine axis positions where the work and tool have the relative positions and attitudes in desired relation, inputs a tool position and an attitude viewed on the work coordinate system, and determines the position and attitude of the work coordinate system on the reference coordinate system from the machine axis positions and tool positions and attitudes.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-44109
(P2003-44109A)

(43) 公開日 平成15年2月14日 (2003.2.14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G 0 5 B 19/18		G 0 5 B 19/18	D 5 H 2 6 9
19/4093		19/4093	P

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-227932 (P2001-227932)

(22) 出願日 平成13年7月27日 (2001.7.27)

(71) 出願人 000006622

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72) 発明者 関山 友之

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(74) 代理人 100082164

弁理士 小堀 益 (外1名)

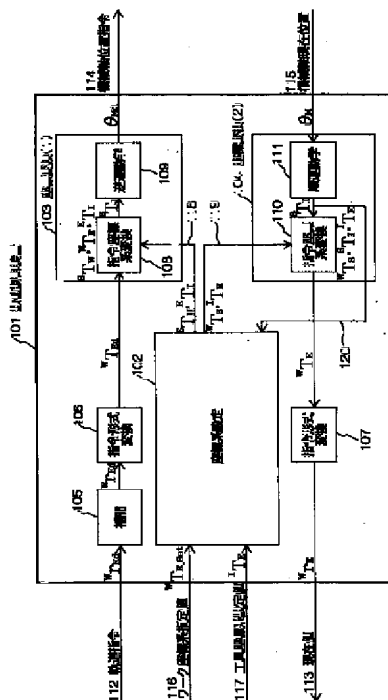
Fターム (参考) 5H269 BB07 CC07 DD06 FF05

(54) 【発明の名称】 ワーク座標系設定手段を持つ多軸工作機械の数値制御装置

(57) 【要約】

【課題】 回転軸を持ち工具姿勢が変化するような多軸同時制御の工作機械において、設定したいワーク座標系上での工具の位置姿勢をデカルト座標系の平行移動と回転の値で指定することによってワーク座標系が設定できるようにする。

【解決手段】 ワーク座標系で表現された工具の位置姿勢の移動指令を受け付ける多軸工作機械の数値制御装置において、多軸工作機械のテーブル上に固定された基準座標系に対してワーク座標系を設定する際に、ワークと工具の相対位置姿勢が所望の関係となる機械軸位置へ各機械軸を動かし、ワーク座標系から見た工具位置姿勢値を入力し、機械軸位置と工具位置姿勢値から基準座標系上のワーク座標系の位置姿勢を決定するワーク座標系設定手段を持つ。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ワーク座標系で表現された工具の位置姿勢の移動指令を受け付ける多軸工作機械の数値制御装置において、

前記多軸工作機械のテーブル上に固定された基準座標系に対してワーク座標系を設定する際に、ワークと工具の相対位置姿勢が所望の関係となる機械軸位置へ各機械軸を動かし、前記機械軸位置でのワーク座標系から見た工具位置姿勢値を入力し、前記機械軸位置と前記工具位置姿勢値から基準座標系上のワーク座標系の位置姿勢を決定するワーク座標系設定手段を持つことを特徴とする多軸工作機械の数値制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は工作機械、特に回転軸を持ち工具位置と工具姿勢を制御できる多軸工作機械の数値制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来のNCプログラムにおいてISO/EIAコードによるワーク座標系設定は、機械軸原点からのオフセット量でワーク座標系を設定している。このオフセット量は機械軸のオフセット量であるが、互いに直交する3つの直動軸をもつ工作機械ではデカルト座標系のシフト量と一致する。したがって、デカルト座標系のシフト量として与えたワーク座標系設定値はそのまま機械軸オフセット量として扱うことができ、ワーク座標系での工具指令にオフセット量を加算することによって機械軸指令を算出することができる。

【0003】回転軸を持ち、工具姿勢が変化するような多軸同時制御の工作機械の場合も、座標系設定は機械軸原点からの機械軸のオフセット量で扱われている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】回転軸を持ち工具姿勢が変化するような多軸同時制御の工作機械の場合に、機械軸のオフセット量はデカルト座標系のシフト量に一致しない。そこで、数値制御装置に座標変換手段を備え、工作機械のテーブル上に固定された基準座標系からのシフト量としてワーク座標系を定義する必要がある。

【0005】ところが、前記基準座標系から見たワーク座標系の位置姿勢として設定値を入力するのはユーザにわかりにくく、設定値を算出するのが困難であるという問題があった。

【0006】そこで、本発明は、回転軸を持ち工具姿勢

$${}^S T_{I_d} = {}^S T_W \cdot {}^W T_{E_d} \cdot {}^E T_I \quad (式1)$$

逆運動学(109)により指令 ${}^S T_{I_d}$ を実現する機械軸位置指令 θ_{M_d} (114)を計算し、各機械軸へ出力する。

【0011】また、機械軸現在位置 θ_M (115)を入力し、順運動学(111)により基準座標系Sから見た

$${}^W T_E = {}^W T_S \cdot {}^S T_I \cdot {}^I T_E \quad (式2)$$

が変化するような多軸同時制御の工作機械において、設定したいワーク座標系上での工具の位置姿勢をデカルト座標系の平行移動と回転の値で指定することによってワーク座標系が設定できるようにすることを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記問題を解決するため、本発明の多軸工作機械の数値制御装置は、ワーク座標系で表現された工具の位置姿勢の移動指令を受け付ける多軸工作機械の数値制御装置において、前記多軸工作機械のテーブル上に固定された基準座標系に対してワーク座標系を設定する際に、ワークと工具の相対位置姿勢が所望の関係となる機械軸位置へ各機械軸を動かし、前記機械軸位置でのワーク座標系から見た工具位置姿勢値を入力し、前記機械軸位置と前記工具位置姿勢値から基準座標系上のワーク座標系の位置姿勢を決定するワーク座標系設定手段を持つことを特徴とする。

【0008】

【発明の実施の形態】本発明の実施例を図に基づいて説明する。ワークに対する工具の相対位置姿勢を決定するには、冗長性がなければワーク座標系のX、Y、Z軸方向と軸まわりの回転A、B、Cの計6つの変数によって一意に決まるので、ワークに対する工具の相対位置姿勢を制御するには6軸が必要十分な制御軸数である。実施例では3つの直動軸と3つの回転軸を持つ6軸工作機械の数値制御装置を例として説明する。工具は非回転工具であり、主軸まわりの回転も位置制御されるものとする。

【0009】本発明のワーク座標系の設定について述べる。図1は数値制御装置の構成例を示した図である。図2は図1中の座標系設定手段の構成例であり、 ${}^S T_W$ は基準座標系Sから見たワーク座標系Wの位置姿勢として定義されるワーク座標系設定値、 ${}^I T_E$ は工具取付座標系Iから見た工具先端座標系Eの位置姿勢として定義される工具座標系設定値を表す。

【0010】図1の例における数値制御装置(101)の処理は次のようになる。数値制御装置はワーク座標系から見た工具位置姿勢の軌道指令 ${}^W r_{E_d}$ (112)を入力し、補間計算し、指令形式を4×4の同次変換行列の形式 ${}^W T_{E_d}$ に変換し、ワーク座標系設定値 ${}^S T_W$ と工具座標系設定値の逆行列 ${}^E T_I$ を用いた指令座標系変換(108)により、(式1)の計算でワーク座標系から見た指令 ${}^W T_{E_d}$ を基準座標系Sから見た指令 ${}^S T_{I_d}$ に変換し、

工具取付座標系Iの現在位置 ${}^S T_I$ (120)に変換し、ワーク座標系設定値の逆行列 ${}^W T_S$ と工具座標系設定値 ${}^I T_E$ を用いた指令座標系変換(110)により(式2)の計算でワーク座標系から見た工具現在位置 ${}^W T_E$ に変換し、

指令形式変換(107)により工具現在位置を軌道指令(112)と同じ形式に変換し、現在値 ${}^W r_E$ (113)として出力する。図1中の座標系設定手段(102)は座標系設定、座標系選択、工具選択がなされた時にのみ処理を行う。

【0012】図3は、3つの直動軸と3つの回転軸からなる6軸工作機械の全機械軸を原点復帰した状態を表しており、全機械軸位置が0となる位置である。工具先端にデカルト座標系を設定し、これを工具先端座標系E(309)と呼ぶことにする。工具の位置と姿勢は、工具先端座標系Eの位置と姿勢として扱うことにする。

【0013】デフォルトのワーク座標系W(312)は全機械軸位置が0のときに図3のように工具取付部の位置にあるものとする。この状態において基準座標系S(311)とワーク座標系W(312)と工具取付座標系I(310)の原点は一致している。ただし、基準座標系Sはテーブル(302)との相対位置が固定されていて、テーブルとともに移動する。ワーク座標系Wは前記基準座標系S上で定義されているものとする。

【0014】図4は図3のように座標系設定された工作機械の直動軸1(306)と直動軸2(307)を移動したときの各座標系の様子を表す図であり、図5は回転軸2(304)を移動したときの各座標系の様子を表す図である。また順・逆運動学変換を行うために、あらかじめ工作機械の軸間寸法、工具寸法とともに、全機械軸位置を0にしたときのテーブルから見た工具取付部の位置はわかっているものとする。

【0015】ここから図6のように機械軸を任意の位置に移動し、ワーク座標系W(312)を設定する。指定する値は、基準座標系Sから見た工具先端座標系Eの位置と姿勢をデカルト座標系の平行移動と回転の値で表したものである。これをワーク座標系指定値 ${}^W r_{E_set}$ (116)と呼ぶことにする。

【0016】工具の位置と姿勢の与え方はいくつかの表現が考えられるが、姿勢表現にワーク座標系W上でのRoll-Pitch-Yaw角を使った場合、次の(式3)の値を指定することになる。

【0017】

【数1】

$${}^W r_{E_set} = \begin{bmatrix} {}^W X_E \\ {}^W Y_E \\ {}^W Z_E \\ {}^W Roll_E \\ {}^W Pitch_E \\ {}^W Yaw_E \end{bmatrix}$$

(式3)

作業者は、たとえば、テーブル上にワークを取り付けてから手動操作で機械軸を移動させ、工具に対してワーク上面が垂直な位置になるようにワーク上面を水平にする機械軸位置にする。そして、設定したいワーク座標系から見た工具の位置と姿勢を数値入力する。現在のワークから200mmの高さのところに工具先端があるようなワーク座標系としたい場合は、(式3)の形式で書くと(式4)

【数2】

$${}^W r_{E_set} = \begin{bmatrix} 0mm \\ 0mm \\ 200mm \\ 0^\circ \\ 0^\circ \\ 0^\circ \end{bmatrix}$$

(式4)

という数値を与えることになる。また、現在のワークから見た工具位置がワーク座標系Z方向に200mmだけの高さのところにあって、工具姿勢がワーク座標系Xまわりに45°だけ傾いているようなワーク座標系としたい場合は、(式5)

【数3】

$${}^W r_{E_set} = \begin{bmatrix} 0mm \\ 0mm \\ 200mm \\ 45^\circ \\ 0^\circ \\ 0^\circ \end{bmatrix}$$

(式5)

という数値を与えることになる。

【0018】(式3)の値を同次変換行列の表現に書き直すと(式6)のようになる。

【0019】

【数4】

$${}^W T_{E_set} = \begin{bmatrix} \mathbf{R} & \begin{bmatrix} {}^W X_E \\ {}^W Y_E \\ {}^W Z_E \end{bmatrix} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(式6)

ここで、回転行列 \mathbf{R} は

$$\begin{aligned} \mathbf{R} &= \mathbf{R}_{ZX}({}^W \text{Yaw}_E, {}^W \text{Pitch}_E, {}^W \text{Roll}_E) \\ &= \mathbf{R}_Z({}^W \text{Yaw}_E) \cdot \mathbf{R}_Y({}^W \text{Pitch}_E) \cdot \mathbf{R}_X({}^W \text{Roll}_E) \\ &= \begin{bmatrix} \cos(\text{Yaw}) & -\sin(\text{Yaw}) & 0 & 0 \\ \sin(\text{Yaw}) & \cos(\text{Yaw}) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(\text{Pitch}) & 0 & \sin(\text{Pitch}) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\text{Pitch}) & 0 & \cos(\text{Pitch}) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ &\quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\text{Roll}) & -\sin(\text{Roll}) \\ 0 & \sin(\text{Roll}) & \cos(\text{Roll}) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

(式7)

である。

【0020】図2においては、ワーク座標系指定値(116)として(式6)の同次変換行列 ${}^W T_{E_set}$ の形式を用いているが、(式3)の ${}^W r_{E_set}$ やその他の形式で入力してから数値制御装置内で同次変換行列 ${}^W T_{E_set}$ の形式に変換する方法も考えられる。

【0021】図7は図6のときの座標系と変換行列の関係を示す図である。ワーク座標系の設定として最終的に求めたいのは、基準座標系Sから見たワーク座標系Wの位置姿勢 ${}^S T_W$ であり、これをワーク座標系設定値(206)と呼ぶことにする。 ${}^S T_W$ はデカルト座標系の平行移動と回転によって表される同次変換行列である。 ${}^S T_W$ を求めるためには、前記ワーク座標系指定値 ${}^W T_{E_set}$ の他に基準座標系Sから見た工具取付座標系Iの現在位置姿勢 ${}^S T_I$ が必要であり、これは機械軸現在位置 θ_M (115)から順運動学により計算する。ただし、機械軸現在位置 θ_M は(式8)のような成分からなる。

【0022】

【数5】

$$\theta_M = \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ l_1 \\ l_2 \\ l_3 \\ \theta_3 \end{bmatrix}$$

(式8)

$${}^E T_I = ({}^I T_E)^{-1}$$

(式9)

を計算して、逆運動学用の指令座標系変換行列 ${}^S T_W$

$${}^W T_S = ({}^S T_W)^{-1}$$

を計算して、順運動学用の指令座標系変換行列 ${}^W T_S$ と ${}^I T_E$ (119)を座標変換2(104)へ出力する。

以上でワーク座標系の設定が完了した。

図2において、ワーク座標系設定値 ${}^S T_W$ (206)の計算手順は次のようになる。機械軸現在位置 θ_M を入力し、順運動学(111)により基準座標系Sから見た工具取付座標系Iの位置姿勢 ${}^S T_I$ (120)を計算し、ワーク座標系指定値 ${}^W T_{E_set}$ (116)と工具取付座標系Iの位置姿勢 ${}^S T_I$ (120)と選択した工具座標系設定値 ${}^I T_E$ (205)から、ワーク座標系設定手段(201)により、ワーク座標系設定値 ${}^S T_W$ (206)を計算し、ワーク座標系設定値保存領域(202)に保存する。工具については、工具取付座標系Iから見た工具先端座標系Eの位置姿勢を同次変換行列の形式で表した ${}^I T_E$ を工具座標系設定値(117)として入力し、工具座標系設定値保存領域(203)に保存する。

【0023】図2の指令座標系変換行列作成手段(204)は、選択したワーク座標系設定値 ${}^S T_W$ (206)と選択した工具座標系設定値 ${}^I T_E$ (205)を入力し、

と ${}^E T_I$ (118)を座標変換1(103)へ出力し、

(式10)

【0024】ワーク座標系設定値と工具座標系設定値については、数値制御装置に複数のワーク座標系設定値と工具座標系設定値を保存しておき、その中からひとつの

ワーク座標系または工具座標系を選択して使用する方法も考えられる。

【0025】本実施例は主軸をC軸制御とした6軸工作機械として説明したが、主軸をスピンドルとして使用する5軸工作機械でも、主軸まわりの回転を担う機械軸成分を無視するだけで同様である。

【0026】

【発明の効果】以上述べたように 本発明によれば、ワーク座標系で表現された工具の位置姿勢の移動指令を受け付ける多軸工作機械の数値制御装置において、前記多軸工作機械のテーブル上に固定された基準座標系に対してワーク座標系を設定する際に、ワークと工具の相対位置姿勢が所望の関係となる機械軸位置へ各機械軸を動かし、前記機械軸位置でのワーク座標系から見た工具位置姿勢値を入力し、前記機械軸位置と前記工具位置姿勢値から基準座標系上のワーク座標系の位置姿勢を決定するワーク座標系設定手段を持つ多軸工作機械の数値制御装置としたので、回転軸を持ち工具姿勢が変化するような多軸同時制御の工作機械において、設定したいワーク座標系上での工具の位置姿勢をデカルト座標系の平行移動と回転の値で指定することによってワーク座標系が設定できるようになるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例における数値制御装置の構成例を示す図。

【図2】本発明の実施例における座標系設定手段の構成例を示す図。

【図3】機械軸原点におけるデフォルトの座標系設定を示す図。

【図4】機械軸原点から機械軸 11 と 12 を移動したときの座標系の様子を示す図。

【図5】機械軸原点から機械軸 θ 1 を移動したときの座標系の様子を示す図。

【図6】本発明の実施例におけるワーク座標系の設定（その1）を示す図。

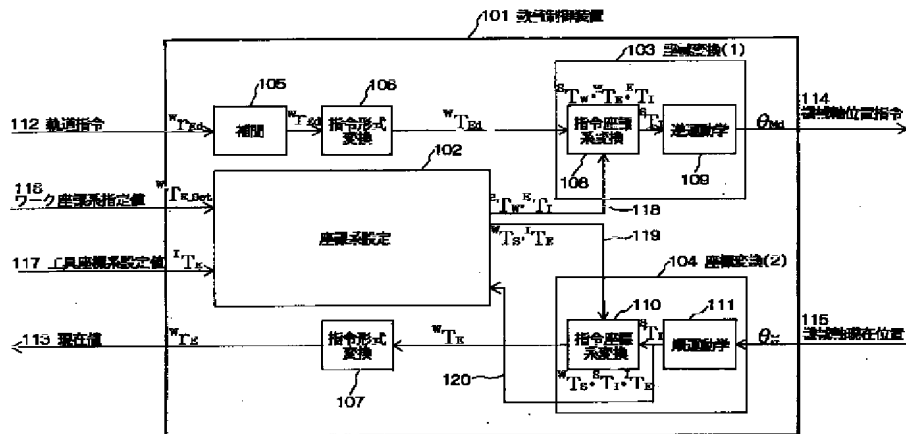
【図7】本発明の実施例におけるワーク座標系の設定（その2）を示す図。

【符号の説明】

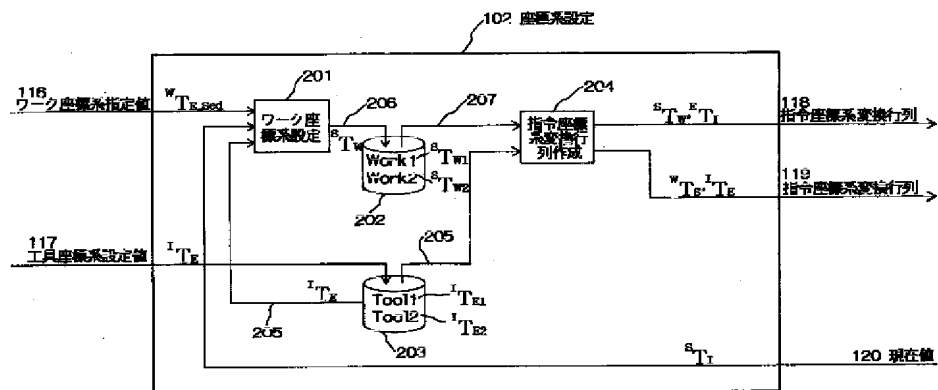
101：数値制御装置
102：座標系設定手段
103：座標変換1

104：座標変換2
105：補間計算手段
106：指令形式変換1
107：指令形式変換2
108：指令座標系変換1
109：逆運動学変換
110：指令座標系変換2
111：順運動学変換
112：軌道指令 ${}^W r_{E d}$
113：現在値 ${}^W r_E$
114：機械軸位置指令 $\theta_{M d}$
115：機械軸現在位置 θ_M
116：ワーク座標系指定値 ${}^W T_E$
117：工具座標系設定値 ${}^I T_E$
118：逆運動学用の指令座標系変換行列（ ${}^S T_W$ と ${}^E T_I$ ）
119：順運動学用の指令座標系変換行列（ ${}^W T_S$ と ${}^I T_E$ ）
120：基準座標系Sから見た工具取付座標系Iの現在値 ${}^S T_I$
201：ワーク座標系設定手段
202：ワーク座標系設定値保存領域
203：工具座標系設定値保存領域
204：指令座標系変換行列作成手段
205：選択した工具座標系設定値 ${}^I T_E$
206：ワーク座標系設定値 ${}^S T_W$
207：選択したワーク座標系設定値 ${}^S T_W$
301：工具
302：テーブル
303：回転軸1
304：回転軸2
305：回転軸3
306：直動軸1
307：直動軸2
308：直動軸3
309：工具先端座標系E
310：工具取付座標系I
311：基準座標系S
312：ワーク座標系W
601：ワーク

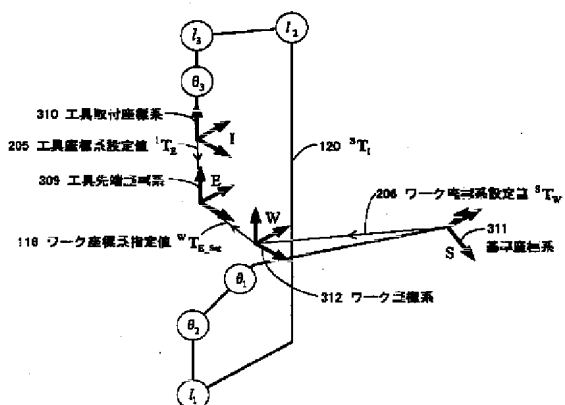
【図1】



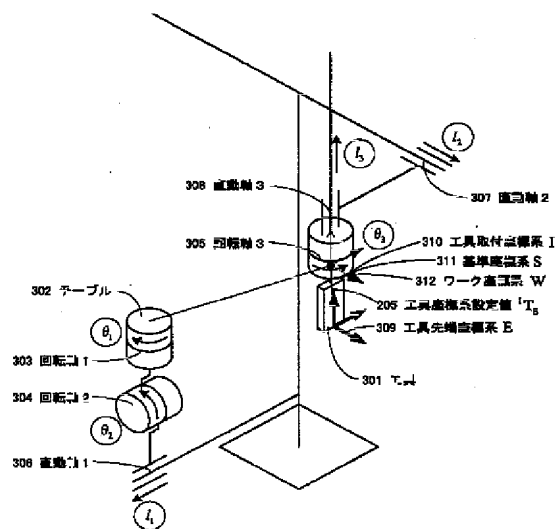
【図2】



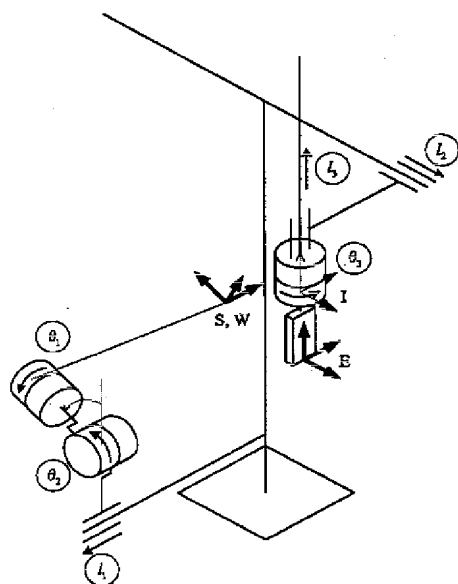
【図7】



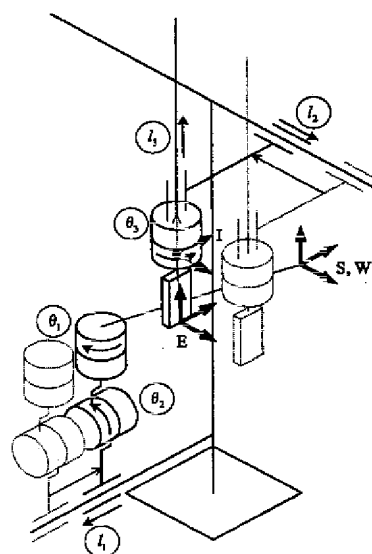
【図 3】



【例 5】



【図4】



【例 6】

